



AC HMA UND

Herausgeber und Hauptschriftleiter: Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stüftstrasse 15 🕟 H. H. Nölke Verlag, Hamburg 20, Hegestrasse 46

Preis 0,80 RM.

### Bauanleitung Nr. 7

# RC-Meßbrücke mit magischem Auge oder Kopfhörer als Indikator

bearbeitet von Ing H. Hamm

ondereigenschaften:

Prinzip

Wechselstrombrückenschaltung nach Wheatstone

Meßbereich

Ohmsche Widerstände - R - 7 Bereiche von 0,1 Ohm bis

10 MOhm

Kapazitäten - C - 7 Bereiche von 10 pF bis 10 #F

Meßungenauigkeit . . . 1-3%

. von 50 Hz (Netz) (oder von außen) bis 10 kHz

Meßfrequenz . . . Brückenspeisung Brückenspannung

Aus Netzgerät oder von außen aus fremder NF-Stromquelle

Je nach geforderter Empfindlichkeit 6 V oder 24 V (um-

echaltbar) ca. 20 V A

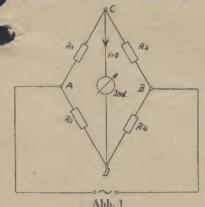
Leistungsaufnahme

Indikator

Magisches Auge oder Kopfhörer

Mit geringstem Materialanfwand läßt sich nach dieser Bauanleitung eine universell verwendbare Wechselstrommeßbrücke herstellen, die den Anforderungen der Praxis vollauf gerecht wird. Die hierzu benötigten Materialien sind zumindest für den einfachsten Fall, wobei nur ein hochohmiger Kopfhörer als Indikstorinstrument henutzt wird, noch in den Bastelkisten vorhanden

Betrachten wir zunächst die grundsätz-Wheatstonsche Brückenschaltung.

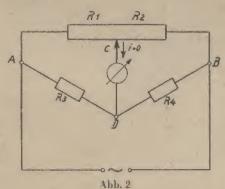


Die Brücke befindet sich im Gleichgewicht, wenn der durch das Indikatorinstrument dießende Strom i gleich Null ist. Wendet man für diesen Fall die beiden Kirchhoff--chen Gesetze an, so folgt daraus, daß für die einzelnen Brückenwiderstünde folgendes Verhältnis bestehen muß:

$$\frac{R\iota}{R^2} = \frac{R_3}{R_4} \tag{1}$$

#### Widerstandsmessung

Faßt man nun gemäß Abb. 2 die Widertände R1 und R2 zu einem Widerstand zusammen und greift den Indikatorstrom mit einem Schleifkontakt ab, so bat man die Möglichkeit, durch Verschieben des Schleifera das Verhältnis der Widerstände zu verändern und so das Brückengleichgewicht herbeizuführen. Aus der Stellung des Schleifers ist dann das Verhältnis bekannt.



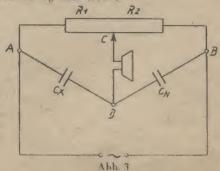
Schaltet man nun den Widerstand R4 als Widerstandsnormale in die Brücke ein, so ist dieser ebenfalls bekannt. Der Widerstand Ra sei der zu messende, ist also unbekannt. - Da nun das Verhältnis R1: R2 sowie R4 bekannt ist, so erhält man nach Umformung der Formel (1) für den unbe-kannten Widerstand R3 den folgenden Ausdruck

$$R_{3} = \frac{R_{1}}{R_{2}} R_{4} \tag{2}$$

Diesen Ausdruck nutzt man zum prak tischen Messen aus. Da der Normalwiderstand R4 jeweils bekannt ist, braucht man nur noch innerhalb des Regelbereiches des Schleifkontaktes eine Skala anzubringen, die dann entsprechend der Schleiferstellung im Verhältuis R1: R2 zu eichen ist. Wählt man jetzt den Normalwiderstand noch jeweils dekadisch, also zu  $1 \Omega$ ,  $10 \Omega$ ,  $100 \Omega$ usw., so läßt sich mit Leichtigkeit aus der Multiplikation des Verhältnisses R1: R2 mit dem Normalwiderstand R4 der unbekannte Widerstand Ra ermitteln.

#### Kapazitätsmessung

Ersetzt man in der vorigen Schaltung den Normalwiderstand R; durch einen Normalkondensator von der Kapazität CN und den unbekannten Widerstand R3 durch einen unbekannten Koudensator von der Kapazität CX, so erhält man die Brückenanordnung nach Abb. 3



Die Gültigkeit der Formel (2) bleibt auch für diese Anordnung bestehen, wenn man statt der Widerstandsgrößen von Ra und R4 den Wechselstromwiderstand von CN bzw. CX einsetzt.

Die Formel (2) lautet dann:

$$\frac{1}{\omega |CX|} = \frac{R_1}{R_2} \frac{1}{\omega C_N}$$

and nach Umformung und Kürzung

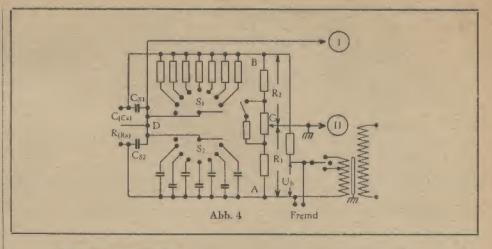
$$C_X = \frac{R_1}{R_2} C_N \qquad (3)$$

Man sieht, daß sich bei der Kapazitätsmessung analog zu Formel (2) ein sinngemäß gleicher Formelausdruck ergibt. — Indem man hierbei die Normalkapazitäten zweckmäßig auch wieder dekadisch dimensioniert, lassen sich grundsätzlich Kapazitätsmessungen nach demselben einfachen Verfahren durchführen.

Bei der Messung von kleinen Kapazitäten (10-100 pF) spielen noch die durch den konstruktiven Aufhau bedingten Schaltkapazitäten eine Rolle, die je nach ihrer Größe das Meßergebnis mehr oder weniger stark beeinflussen. Sind die Schaltkapazitäten in den einzelnen Brückenzweigen verschieden groß, so gerät dadurch die Brücke etwas ans dem Gleichgewicht und es muß deshalb (wie aus einer noch folgenden Abhandlung hervorgeht) dafür gesorgt werden, daß die Störkapazitäten entsprechend ausgeglichen werden. - Bei der Messung von großen Kapazitätswerten spielen die Störkapazitäten dagegen keine Rolle und können daher unberücksichtigt bleiben.

Tabelle der Normalienwerte

-				
Nr.	RN		CN	
1	1.2	Ω	10	ρF
2	10		100	
3	100	Ω	1000	
4	1 /	KΩ	10 000	pF
б	10 /	KΩ	0,1	μF
6	,100 F	ÇΩ	1,0	$\mu F$
7	1 /	иΩ	10,0	$\mu F$



#### Brückenschaltung

Nach Abb. 4 sind im oberen Brückenzweig die Widerstandsnormalien und im unteren Brückenzweig die Kapazitäts-normalien angeordnet. Auf der rechten Seite liegt ein Spannungsteiler, dem von beiden Anschlußseiten je ein Festwiderstand zur Begrenzung des Brückenverhältnisses vorgeschaltet i.t. Je einer dieser Vorschaltwiderstände plus dem ihm zuge-kehrten, bis zum Schleifer reichenden Widerstandsstück des Spannungsteilers stellen die Widerstände R1 bzw. R2 dar. Der Anschluß des unbekannten (zu messenden) Widerstandes erfolgt bei R (RX), während für den Fall einer zu messenden Kapazität diese bei C (CX) anzuschließen ist. An den Punkten A und B erfolgt die Speisung der Brücke entweder mit einer 50-Hz-Spannung (6 oder 24 V) aus dem Netztrafo des Gerätes oder mit einer über die beiden Steckhuchsen zugeführten Spaunung höherer Frequenz.

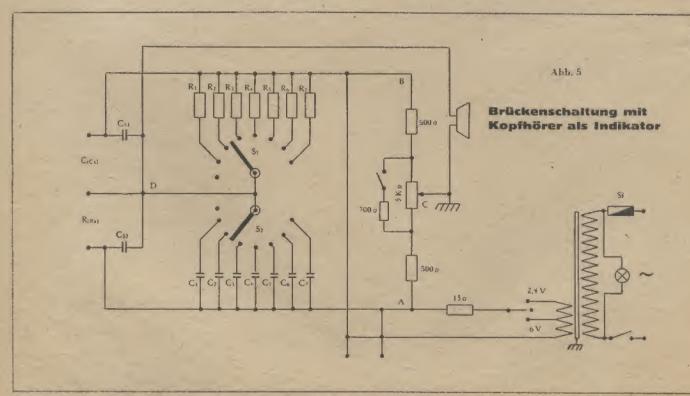
#### 1. Ausführungsmöglichkeit mit einem Kopfhörer als Indikator

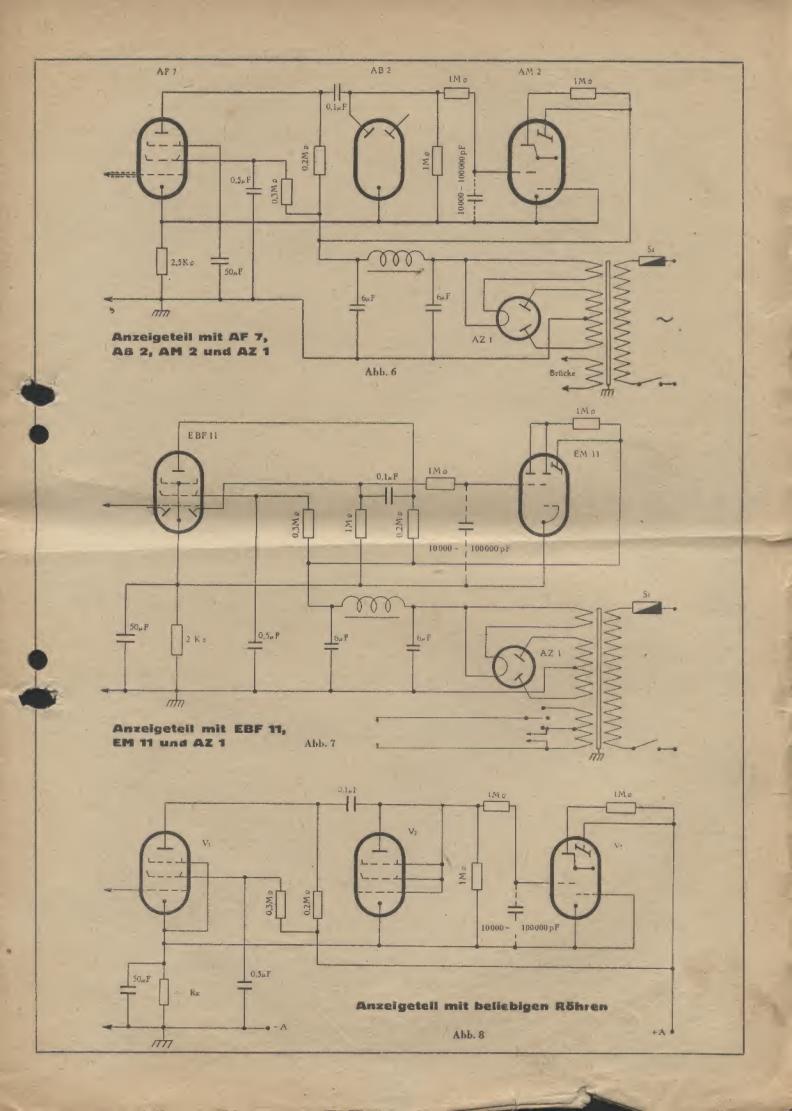
Die von heiden Seiten dem Spannungsteiler vorgeschalteten Widerstände müsseu so bemessen sein, daß bei einem dekadischen Meßbereich- und Ableseskalenaufbau

ein Brückenverhältnis von  $\frac{R_1}{R_2} = 0.1$  in der unteren Schleiferstellung und  $\frac{R_1}{R_2} = 10$  in

der oberen Schleiferstellung eingestellt werden kann. Um genauere Messungen durchführen zu können, läßt sich das Brückenverhältnis durch Einschaltung eines Parawiderstandes zum Spannungsteiler wernerabsetzen. Bei Ausführung der Normalieu, wie angegeben, muß dieser Parallwiderstand so bemessen sein, daß man dem dadurch entstehenden kleineren Brükkenverhältnis noch den Auschluß an den darunter- oder darüberliegenden Meßbereich bekommt. In unserem Falle muß das Brückenverhältnis  $\frac{R1}{R2}$  in unterer Schleiferstellung

stellung 0,5 und in oberer Schleiferstellung 2,0 betragen. Zur Vermeidung von Überlastungen der Meßbrücke (bei Kurzschluß) ist in die Brückenspeiseleitung ein Schutzwiderstand eingeschaltet, der den Brückenstrom auf einen Maximalwert begrenzt. In der Meßdiagonale (zwischen C und D) ist als Iudikator ein hocholmiger Kopfhörer eingeschaltet, mit dem bei der Messung jeweils auf das Tonminimum durch Verstellen des Schleifkontaktes abgeglichen wird.





#### 2. Ausführungsmöglichkeit mit Abstimmröhre (mag. Auge) als Indikator

In den Abb. 6 bis 8 sind drei Schaltungsausführungen bei Verwendung einer Abstimm-Anzeigerühre (mag. Ange) als Indi-kator angegeben. Bei diesen Schaltungen wird zunächst immer die an den Brückenpunkten C und D (Meßdiagonale der Brükken) abgenommene Meßspannung in einer Penthode verstärkt. Nach Verstärkung erfolgt dann die Gleichrichtung der Indikatorspannung mittels einer Diode. Hierfür kann auch nach Abb. 8 eine Penthode verwendet werden, wenn sämtliche Gitter mit der Anode verbunden werden. Die am Arheitswiderstand der Diode entstehende Indikator-Gleichspannung wird dann dem Gitter einer Anzeigeröhre zugeführt.

In Abb. 6 ist ein Schaltungsbeispiel mit den Wechselstromröhren AF7, AB2, AM2

and AZI wiedergegeben.

An den mit I und II bezeichneten Punkten schließt man den Verstärkereingang an die Meßdiagonale der Brücke an. Die Penthode AF 7 arbeitet normal als Widerstandsverstärker bei einem Kathodenwiderstand von 2,5 KQ und einem Anodenwiderstand von 0,2 MΩ. Um eine möglichst große Verstärkung zu erhalten, ist die Einschaltung der sehr hoch angegebenen Schirmgitter- und Kathodenkondensatoren erforderlich. Zur ungeschwächten Übertragung der verstärkten Indikator-Wechselspannung muß der Ankopplungskondensator zur Diode groß ausgeführt werden  $(0,1~\mu\mathrm{F})$ . Von dem Arbeitswiderstand der Diode wird dem Anzeigegitter der AM 2 dann die gleichgerichtete Indikatorspannung über einen Widerstand von 0,5-1 MΩ zugeführt. Die so dem Anzeigegitter zugeführte gleichgerichtete Spannung ist nun noch mit einer relativ hohen Welligkeit behaftet, die je nach den vorliegenden Verhältnissen mit einem Kondensator von 1000 pF, bis 0,1 µF geglättet werden kann.

Der Netzteil ist mit der Zweipolgleichrichterröhre AZ I ausgeführt. Die Siebung mit einer Netzdrossel sowie je 6 µF als Lade- und Siebkondensator ist ausreichend. In Abb. 7 ist als zweites Schaltungsbeispiel eine Schaltung mit der Verbundröhre EBF 11 und der Abstimmanzeigeröhre EM 11 wie-

dergegeben.

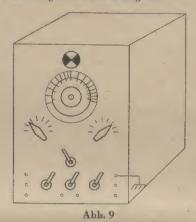
Abb. 8 zeigt schließlich die grundsätzliche Schaltung, bei der, da sämtliche Gitter mit der Anode verbunden sind, eine normale Penthode als Diodengleichrichter benutzt wird.

Für alle drei Schaltungsausführungen gilt für die Bemessung der Schaltteile das gleiche wie unter Abb. 6 ausgeführt wurde.

#### Aufbau, Abgleich und Eichung

Über den Aufbau der Meßbrücke ist noch zu sagen, daß die Verschaltung der zum Anzeigeteil gehörigen Röhren nicht hesonders kritisch ist, lediglich muß besonders auf eine kurze und abgeschirmte Verlegung der Gitterzuleitung geachtet werden.

Die Anordnung der einzelnen Schaltelemente nimmt man am zweckmäßigsten nach der folgenden Abbildung vor



Nach Abb. 9 sind an der linken Seite die Klemmen für den Prüfling und an der rechten Seite die für die fremde Meßspannung, darüber die Erdungsklemme angebracht. Auf halber Höhe sind die Stufen-schalter für die R- und C-Normalien S1 und Se vorgesehen, in der Mitte der oheren Hälfte ist der Drehspannungsteiler zur Brückensbstimmung und darüber das magische Auge angeordnet. Je nach Ausführung werden auf der unteren Hälfte, sinnvoll verteilt, die übrigen Schalter angeordnet.

Nachdem der mechanische Aufhau fertiggestellt ist, wird zunächst der Anzeigeteil fertig geschaltet. Bevor man nun die Widerstands- und Kapazitätsnormalien einhaut. müssen zunächst die mit R1 und R2 in Reihe geschalteten Widerstände abgeglichen werden. Hierzu werden außen zwei genau gleich große Widerstände für RN und RX angeschaltet und die Serienwiderstände von R1 und R2 so lange um geringe Beträge verändert, bis das Minimum in der Abstimm-Anzeigeröhre sowohl bei offenem und auch bei geschlossenem Schalter S an derselben Schleiferstellung liegt. Hiernach werden die einzubauenden Normalwiderstände und Normalkapazitäten auf die Werte in vorher gebrachter Tabelle abgeglichen und eingehaut. Zur Eichung der Drehspannungsteilerstellung im Verhältnis R1 : R2 stellt man mit einer Anzahl genau bekannter Widerstände die Brückenverhältnisse von 0,1 his 10 bzw. für die 2. Skala für genauere Messungen von 0,5 bis 2,0 ein und markiert am Drehspannungsteiler die erhaltenen Eichpunkte.

Bei der Messung kleinerer Kapazitäten machen sich im steigenden Maße die S und Schaltkapazitäten bemerkbar, so eine genaue Messung kleiner Kapazitäts werte u. U. nicht mehr möglich ist. Zweck Erreichung einwandfreier Meßergebnit müssen diese Störkapazitäten durch entsprechend geschaltete Zusatzkapazitäten ausgeglichen werden.

Wie in Abb. 4 und 5 gezeigt, besitzen heide Klemmen der Stromquelle eine Kapazität gegen Erde (CS1 und CS2), die meist von verschiedener Größe sind, so daß eine Unsymmetrie der Brücke entsteht. Die Störkapazitäten liegen nun in der Brückenschaltung parallel zu der zu messenden Kapazität gegen Erde. – Wird nun die kleinere der beiden Störkapazitäten auf den Wert der größeren gebracht, so ist die Brücke wieder symmetrisch und liefert die richtigen Meßergebnisse.

Literaturhinweise

- t. W. Skirl, Elektrische Messungen.
- 2. H. Lennartz, Praktische Meßgeräte.

#### HFT-Briefkasten

Der von uns eingerichtete Briefkastenlienst gibt allen Lesern Gelegenheit, auf allgemein interessierende Fragen der Funktechnik sowie der allgemeinen Elektrotechnik einzugehen.

Jeder Anfrage an der Briefkastendienst ist ein Unkostenbeitrag von RM 1,50 und Rückporto beizufügen. Briefe, die ohne Gebühr und Rückporto hier eingehen, könaen nicht beautwortet werden.

Die Anfragen bitten wir kurz und klar abzufassen und evtl. Prinzipschaltungen beizufügen.

Außerhalb des Briefkastendienstes werton auch Schaltungsentwürfe und spezielle Entwicklungen, z. B. mit kommerziellen Röhren und dgl. vorgenommen.

#### Literaturauskunft

Gegen einen Unkostenbeitrag von RM 0,75 und Rückporte geben wir über einzelne hesonders interessierende Themen aus der Randfunktechnik sowie der allgemeinen Elektrotechnik Literaturauskunft. Bezugsquellen für Rundfunkmaterial und Fachbücher können nicht genannt werden.

#### Berechnungsdienst

Nach Angabe von speziellen technischen Daten werden Einzelberechnungen nach vor herigem Kostenanschlag ausgeführt.

Auregungen aus dem Leserkreis bzw. zur Veröffentlichung geeignete Manuskripte werden jederzeit gern entgegengenommen. Anfragen sind zu richten an die Schrift-leitung der "HFT".

#### Entwicklungen

Das HFT-Labor führt spezielle Entwicklungen von Empfängerschaltungen, Ge-räten und Einzelteilen nach Angabe des jeweils vorhandenen Materials durch.

Besondere Wünsche können berücksichtigt werden.

Zuschriften sind an das HFT-Labor Ing. H. Zimmermsen, Hamburg I, Stiftstr. 15, zu richten

Um das weitere pünktliche Erscheinen der »HFT« zu sichern, werden alle unsere Leser gebeten, jede, auch die kleinste Menge an

## Altpapier

dem Verlag zugänglich zu machen.

Der Verlag